

ПРОГРАММНАЯ ПОДДЕРЖКА ФОРМИРОВАНИЯ ПОРТФЕЛЯ ЦЕННЫХ БУМАГ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИИ О СРЕДНЕЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ИХ ЛИКВИДНОСТИ

С А. Поттосина, М. Л. Новосёлова

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь
E-mail: s.pottosina@gmail.com*

Представлена интерактивная система формирования портфеля ценных бумаг на основе информации о сохранении их ликвидности.

Ключевые слова: портфель ценных бумаг, оптимизация, ликвидность, функция Лагранжа, интерактивная система.

ВВЕДЕНИЕ

Задачи по формированию портфеля ценных бумаг весьма актуальны, так как банки, коммерческие организации всё больше используют ценные бумаги для привлечения свободных финансовых средств на обеспечение перспективно развивающихся производств. Однако процесс формирования оптимального портфеля ценных бумаг достаточно трудоемкий, требует большой аналитической работы и, соответственно, больших затрат времени, что недопустимо при столь быстро изменяющейся ситуации на рынке. В настоящее время на помощь инвесторам приходят современные информационные технологии, благодаря которым можно существенно сократить время поиска той или иной структуры инвестиционного портфеля.

ФОРМИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ НА ОСНОВАНИИ ИНФОРМАЦИИ О СРЕДНЕЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СОХРАНЕНИЯ ДОХОДНОСТИ ЦЕННЫХ БУМАГ

Статистические методы формирования портфеля ценных бумаг и управления им предназначаются главным образом инвесторам (коммерческим банкам, инвестиционным компаниям, фондовым биржам) и менеджерам, работающим на фондовом рынке. Использование этих методов формирования оптимального портфеля и оптимального управления им позволит существенно повысить эффективность принимаемых решений по диверсификации имеющихся финансовых средств на множестве всех активов фондового рынка.

В широко известных моделях Г. Марковица и У. Шарпа не строго учитываются вероятности разорения ЦБ каждого вида и фондового портфеля в целом. При этом достаточно сложные и ответственные решения должен принимать сам менеджер по формируемому фондовому портфелю, величине его ожидаемой доходности. Иной подход к реше-

нию задачи формирования портфеля ценных бумаг предложил А.М. Чавкин [1]. Изучение его модели позволило сделать выбор в пользу модели формирования оптимального портфеля на основании средней продолжительности сохранения доходности ценных бумаг (Модель М₁).

В данной модели используется критерий, основанный на применении для ценной бумаги каждого j -го вида показателя $u_j^{(t)}$ – средней продолжительности сохранения ее доходности, начиная с текущего момента времени и до момента существенного снижения уровня ее ликвидности. Модель М₁ по формированию портфеля ценных бумаг строится в предположении, что процесс эволюции фондового портфеля является марковским процессом без последствия.

Алгоритм модели М₁ заключается в определении для каждой ценной бумаги j -го вида средней продолжительности $u_j^{(t)}$ ($j = \overline{1, n}$) сохранения ею своей доходности в перспективе, начиная с текущего момента времени t :

$$u_j^{(t)} = \frac{\psi_j^{(t)}}{(\psi_j^{(t)})'} \cdot \frac{1 - P_j}{P_j}, \quad (1)$$

где $\psi_j^{(t)}$ – эффективность ценной бумаги j -го вида в период времени t ; P_j – вероятность разорения ценной бумаги j -го ($j = \overline{1, n}$) вида; $(\psi_j^{(t)})'$ – скорость изменения эффективности ценной бумаги j -го вида.

Из формулы (1) следует:

- 1) если $P_j^{(t)} = 0$, то $u_j^{(t)} = \infty$, а если $P_j^{(t)} = 1$, то $u_j^{(t)} = 0$;
- 2) если $0 < P_j^{(t)} < 1$, $\psi_j^{(t)} > 0$ и $(\psi_j^{(t)})' < 0$, то это означает, что ценная бумага j -го вида уже потеряла свою ликвидность за $u_j^{(t)}$ единиц времени до текущего момента времени t ;
- 3) если $\psi_j^{(t)} > 0$ и $(\psi_j^{(t)})' < 0$, то это означает, что ценная бумага j -го вида потеряет свою ликвидность через $u_j^{(t)}$ единиц времени, начиная с текущего момента времени t ;
- 4) если $0 < P_j^{(t)} < 1$, $\psi_j^{(t)} < 0$ и $(\psi_j^{(t)})' > 0$, то это означает, что значение эффективности ценной бумаги j -го вида, начиная с момента времени t будет возрастать в течение времени $u_j^{(t)}$ со скоростью $(\psi_j^{(t)})'$;
- 5) если $0 < P_j^{(t)} < 1$, $\psi_j^{(t)} < 0$ и $(\psi_j^{(t)})' > 0$, то в этом случае ценная бумага j -го вида сохраняет свою ликвидность в течение времени $u_j^{(t)}$.

Позиция 5 для ценной бумаги j -го вида наиболее благоприятна, так как только в ней она сохраняет свою ликвидность в интервале времени, равном или даже большем $(t, t + u_j^{(t)})$. Ввиду этого для всех ценных бумаг, находящихся в позиции 5, может быть определена их доля в общей стоимости всех ценных бумаг, входящих в портфель ценных бумаг.

Пусть ценные бумаги j -го вида находятся в позиции 5, т. е. $0 < P_j^{(t)} < 1$, $\psi_j^{(t)} < 0$ и $(\psi_j^{(t)})' > 0$ ($j = \overline{1, m}$).

Обозначим через G и $v_j^{(t)}$ соответственно общую стоимость всех ценных бумаг j -го вида и долю ценных бумаг j -го вида в G в текущий момент времени. Тогда полу-

чим: $v_j^{(t)} = \frac{u_j^{(t)}}{\sum_{k=1}^m u_k^{(t)}}$, где $u_j^{(t)}$, $j = \overline{1, m}$ – средняя продолжительность сохранения ликвидности

ценной бумаги j -го типа в текущий момент времени t , определяемая по формуле (1).

Предположим, что для каждого вида ценных бумаг известно нижнее допустимое значение $\hat{u}_j^{(t)}$ показателя $u_j^{(t)}$ ($j = \overline{1, m}$). Алгоритм модели М₁ включает также операции по

определению оптимальных значений показателей $(\psi_j^{(t)})'$ при условии, что $\hat{u}_j^{(t)} = u_j^{(t)}$, $j = \overline{1, m}$, и при этом суммарная стоимость всех ценных бумаг, входящих в формируемый портфель, является минимальной. Решение изложенной задачи выполняется с использованием метода множителей Лагранжа.

Предполагается, что средняя стоимость ценных бумаг каждого вида изменяется прямо пропорционально скорости изменения ее эффективности, т. е. $\bar{C}_j = h_j \bar{\psi}_j'$, $j = \overline{1, m}$, где $\bar{C}_j = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N C_j^{(t)}$ и $\bar{\psi}_j = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (\psi_j^{(t)})'$. Затем определяется значение коэффициента $h_j = \frac{\bar{C}_j}{\bar{\psi}_j'}$ и строится целевая функция Лагранжа

$$Z = \sum_{j=1}^m h_j (\psi_j^{(t)})' + \sum_{j=1}^m \lambda_j \left(\frac{\psi_j^{(t)}}{(\psi_j^{(t)})'} \cdot \frac{1 - P_j^{(t)}}{P_j^{(t)}} - \hat{u}_j \right).$$

Находятся частные производные от функции Z по переменным $(\psi_j^{(t)})'$ и λ_j ($j = \overline{1, m}$):

$$\begin{aligned} \frac{\partial Z}{\partial (\psi_j^{(t)})'} &= h_j - \lambda_j \frac{\psi_j^{(t)}}{((\psi_j^{(t)})')^2} \cdot \frac{1 - P_j^{(t)}}{P_j^{(t)}}, \quad j = \overline{1, m}; \\ \frac{\partial Z}{\partial \lambda_j} &= \frac{\psi_j^{(t)}}{(\psi_j^{(t)})'} \cdot \frac{1 - P_j^{(t)}}{P_j^{(t)}} - \hat{u}_j, \quad j = \overline{1, m}. \end{aligned}$$

Приняв частные производные от целевой функции Z по переменным $(\psi_j^{(t)})'$ и λ_j ($j = \overline{1, m}$) равными нулю, получаем систему нормальных уравнений:

$$\begin{aligned} h_j ((\psi_j^{(t)})')^2 - \lambda_j \psi_j^{(t)} \left(\frac{1 - P_j^{(t)}}{P_j^{(t)}} \right) &= 0, \quad j = \overline{1, m}; \\ \hat{u}_j (\psi_j^{(t)})' - \lambda_j \psi_j^{(t)} \left(\frac{1 - P_j^{(t)}}{P_j^{(t)}} \right) &= 0, \quad j = \overline{1, m}. \end{aligned} \tag{2}$$

Решая систему уравнений (2) относительно переменных $\psi_j^{(t)}$, получаем их оптимальные значения при условии, что $u_j \geq \hat{u}_j$ показателя $u_j^{(t)}$ и суммарная стоимость всех m видов ценных бумаг из формируемого портфеля является минимальной.

Таким образом, модель M_1 может быть успешно использована для оперативного формирования и управления портфелем ценных бумаг. Существенным недостатком является то, что в ней не учитывается информация о попарной корреляционной зависимости, существующей между различными видами ценных бумаг фондового рынка.

ПРОГРАММНАЯ ПОДДЕРЖКА ФОРМИРОВАНИЯ ПОРТФЕЛЯ

Для осуществления программной поддержки портфельного инвестирования была спроектирована и разработана интерактивная система формирования портфеля ценных бумаг. Алгоритм данной системы включает в себя определение оптимального значения доли в формируемом портфеле каждого вида ценных бумаг на основании средней продолжительности сохранения доходности ценных бумаг.

Рассмотрим подробнее действия, выполнение которых возможно с помощью данной системы. Возможности менеджера (инвестора) включают в себя следующие действия:

- обновить данные о стоимости ценных бумаг;
- просмотреть информацию о компаниях на рынке;
- просмотреть стоимость ценных бумаг компаний;
- рассчитать риск ценных бумаг;
- рассчитать эффективность ценных бумаг;
- рассчитать вероятность риска ценных бумаг;
- рассчитать среднюю продолжительность сохранения доходности ЦБ;
- определить категорию ценных бумаг каждого вида;
- определить доли ценных бумаг в портфеле (структуру портфеля);
- определить стоимость ценных бумаг каждого вида в фондовом портфеле.

На рис. 1 представлена диаграмма вариантов использования системы.

Разработанная система включает в себя следующие модули:

1. база данных, в которой сохраняются данные о компаниях и стоимости ценных бумаг на фондовом рынке;
2. графическое приложение, реализующее интерфейс взаимодействия с пользователем;
3. клиент веб-сервиса, обеспечивающий обновление данных о стоимости ценных бумаг на фондовом рынке.

В качестве тестовых были использованы данные о котировках акций высокотехнологичных компаний на американском фондовом рынке NASDAQ за период с 01.03.2000 по 01.03.2010 [2].

С помощью предложенной системы пользователь может просмотреть информацию о компаниях и стоимости их акций на рынке за выбранный промежуток времени, сформировать фондовый портфель, просмотреть подробную информацию о рассчитанных статистических показателях ценных бумаг каждого вида.

Наряду с определением оптимальных долей фондового портфеля, система позволяет определять такие важные статические показатели как средняя продолжительность сохранения ликвидности, эффективность и риск ценных бумаг.

Обобщенный алгоритм работы программы формирования портфеля ценных бумаг представлен шагами:

- загрузка данных о стоимости ЦБ;
- выбор действия пользователем;
- просмотр стоимости ценных бумаг;
- расчет статистических показателей;
- формирование оптимальной структуры портфеля.

При реализации этих шагов используются алгоритмы класса PortfolioCreate – это предоставление инструментов для расчета основных статистических показателей, необходимых для определения категории ценной бумаги и на основании этого оптимальной структуры портфеля. Они позволяют рассчитать эффективность, риск, вероятность риска, среднюю продолжительность сохранения ликвидности для ценных бумаг каждого вида; определить категорию ценной бумаги определенного вида; доли ценных бумаг каждого вида в фондовом портфеле.

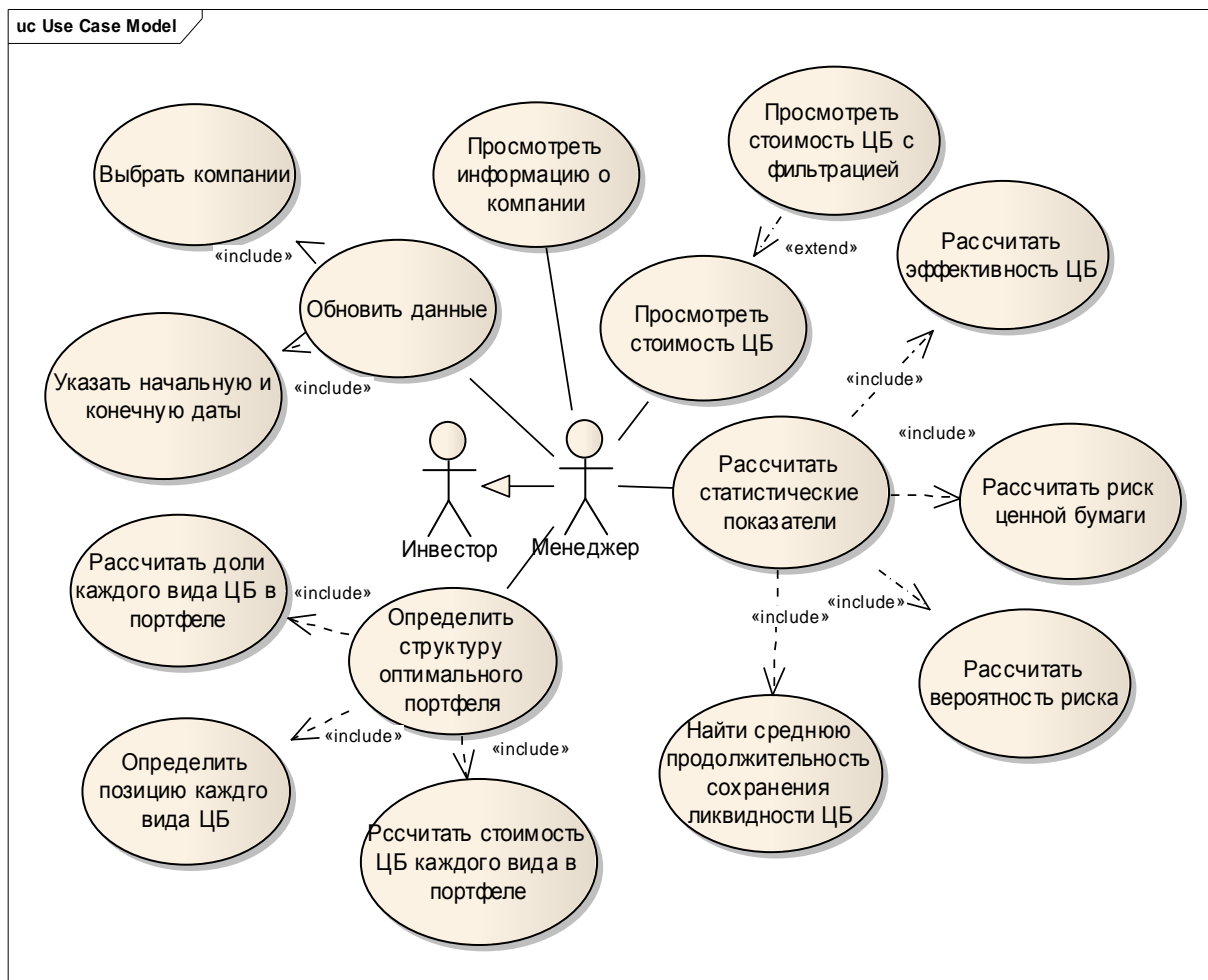


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования системы

Алгоритмы класса PortfolioFrame содержат метод, позволяющий произвести расчет основных показателей фондового портфеля, и метод просмотра детальной информации о ЦБ каждого вида. Назначение алгоритмов класса QuotesLoader – это обращение к удаленному веб-сервису для обновления данных о стоимости ценных бумаг. Основным методом этого класса позволяет загрузить данные за определенный промежуток времени в базу.

При разработке данного программного продукта были использованы следующие архитектурные решения:

- 1) база данных разработана в СУБД SQL Anywhere 9.0;
- 2) доступ к базе данных обеспечен при помощи протокола jdbc;
- 3) пользовательская часть реализована с использованием технологии SWING, предназначенной для создания сложных графических интерфейсов;
- 4) для построения графиков в системе использовалась библиотека классов JFreeChart.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный продукт является простым и надежным средством формирования портфеля ценных бумаг, которое не требует дополнительных ресурсов от аппаратных устройств пользователей и может быть эффективно использовано инвесторами.

Следует отметить, что для коммерческого использования разработанной системы формирования портфеля ценных бумаг необходимы доработки в следующих направлениях:

- возможность выбора других способов формирования портфеля ценных бумаг, с последующим их сравнительным анализом;
- интернационализация интерфейса, которая позволит пользователям выбирать язык.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Чавкин, А. М.* Методы и модели рационального управления в рыночной экономике: разработка управленческих решений: Учеб. пособие / А. М. Чавкин. М. : Финансы и статистика, 2001. 320 с.
2. <http://www.nasdaq.com> – официальный.